نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۲۹، شماره ۲، تابستان ۱۳۹۴، ص. ۲۵۴-۲۴۰
شاپا: ۴۷۳۰ - ۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 29, No. 2, Summer 2015, P. 240-254
ISSN: 2008 - 4730

بررسی ویژگی‌های اگرواکولوژیکی ریحان (*Ocimum basilicum* L.) تحت تأثیر کاربرد سوپرجاذب رطوبت، اسیدهیومیک و دورهای آبیاری

محسن جهان[۱]- شیوا قلعه‌نویی[۲]- امین خاموشی[۳]- محمد بهزاد امیری[۴*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۱/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۹/۱۸

چکیده

در سال‌های اخیر، برای دستیابی به تولید پایدار محصولات کشاورزی به‌ویژه گیاهان دارویی، توجه به استفاده از نهاده‌های بوم‌سازگار مورد تأکید قرار گرفته است. به‌منظور بررسی اثر مقادیر سوپرجاذب و محلول‌پاشی اسید هیومیک بر برخی خصوصیات کمی ریحان (*Ocimum basilicum* L.)، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خردشدهٔ نواری در قالب طرح پایهٔ بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ انجام شد. عوامل آزمایشی شامل سه سطح مختلف سوپرجاذب رطوبت (صفر، ۴۰ و ۸۰ کیلوگرم در هکتار) به عنوان عامل کرت اصلی، دو سطح اسید هیومیک (صفر و ۳ کیلوگرم در هکتار) به عنوان عامل کرت فرعی و دو سطح آبیاری (دور آبیاری ۵ و ۱۰ روز) به عنوان عامل کرت نواری بودند. صفات مورد بررسی شامل تعداد و وزن بذر در بوته، ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی در بوته، عملکرد بذر، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت بودند. نتایج آزمایش نشان داد که برهمکنش سوپرجاذب رطوبت و اسیدهیومیک بر عملکرد بذر معنی‌دار بود ($P\leq$ ۰/۰۵)، به‌طوری‌که بیشترین مقدار عملکرد بذر (۲۶۳۸/۸ کیلوگرم در هکتار) در تیمار ۴۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب و بدون اسید هیومیک به‌دست آمد. در بررسی اثرات متقابل سوپرجاذب و مدار آبیاری مشاهده شد که در تمامی سطوح سوپرجاذب مورد مطالعه، عملکرد مادهٔ خشک در مدار آبیاری ۵ روز بیشتر از مدار آبیاری ۱۰روز بود، به‌طوری‌که در مدار آبیاری ۵ روز، سطوح صفر، ۴۰ و ۸۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب به‌ترتیب منجر به افزایش ۱۳، ۵۰ و ۱۷ درصدی عملکرد مادهٔ خشک نسبت به مدار آبیاری ۱۰ روز شدند. تعداد بذر در بوته به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر برهمکنش اسیدهیومیک و مدار آبیاری قرار گرفت، به‌طوری‌که محلول‌پاشی اسیدهیومیک در مدار آبیاری ۱۰ روز، افزایش ۲۶ درصدی تعداد بذر در بوته را در مقایسه با شاهد به همراه داشت. اثر متقابل سه‌گانهٔ سوپرجاذب، اسیدهیومیک و مدار آبیاری تأثیر معنی‌داری بر تعداد شاخه فرعی در بوته داشت، به‌طوری‌که در مدار آبیاری ۵ روز، در هر دو شرایط کاربرد و عدم‌کاربرد اسید هیومیک، بیشترین تعداد شاخه فرعی در بوته در سطح ۴۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب مشاهده شد. به‌طور کلی، کاربرد ۴۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب رطوبت به‌همراه محلول‌پاشی اسیدهیومیک در شرایط کم‌آبیاری، ضمن بهبود نسبی ویژگی‌های کمی گیاه، نقش مؤثری در کاهش اثرات مخرب ناشی از کم‌آبی و ثبات عملکرد گیاه در شرایط تنش رطوبتی داشت.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، سلامت محصول، عملکرد ماده‌ی خشک، گیاهان دارویی، نهادهٔ بوم‌سازگار

مقدمه

ریحان (*Ocimum basilicum* L.)، گیاهی علفی، یک‌ساله و متعلق به خانواده نعناعیان[5] است. این گیاه بومی هند و سایر کشورهای جنوب آسیا می‌باشد (۲۴). از ریحان به‌عنوان گیاهی دارویی، ادویه‌ای و هم‌چنین به‌عنوان سبزی تازه استفاده می‌شود و برگ‌های معطر این گیاه به‌صورت تازه یا خشک شده به‌عنوان چاشنی و طعم‌دهندهٔ غذا، شیرینی‌ها و نوشیدنی‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد (۱۲). درک چگونگی پاسخ گیاهان دارویی به تنش‌های محیطی به‌منظور تولید پایدار و اکولوژیک این محصولات طبیعی و سالم امری اجتناب‌ناپذیر است. خشکی یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده تولید محصولات کشاورزی به‌شمار می‌رود و با توجه به گزارش‌های پژوهشگران، در بسیاری از مناطق دنیا مشکل کم‌آبی رو به افزایش است (۳۲). با عنایت به این‌که ایران جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا محسوب می‌شود، لذا با مشکل کمبود آب و نزولات جوی مواجه است (۳۰). تنش خشکی با اختلال در عمل روزنه‌ها و سیستم فتوسنتزی، تخریب پروتئین‌ها و آنزیم‌ها، کاهش سطح برگ و ریزش

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشیار، دانشجوی دکتری و دانشجوی کارشناسی ارشد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۴- عضو هیأت علمی مجتمع آموزش عالی گناباد
(*-نویسنده مسئول: Email: m.b2.amiri@gmail.com)

5- Lamiaceae

گل و میوه موجب کاهش عملکرد گیاهان می‌شود (۶) و رشد و نمو گیاهان دارویی نیز مانند سایر گیاهان تحت‌تأثیر تنش خشکی کاهش می‌یابد (۸). در چنین شرایطی، یافتن راهکارهایی بوم‌سازگار به‌منظور افزایش کارایی مصرف آب در جهت نیل به اهداف کشاورزی پایدار ضروری به‌نظر می‌رسد (۵). از این رو در سال‌های اخیر تلاش‌های فراوانی به‌منظور افزایش کارایی مصرف آب صورت گرفته است، که در این راستا، افزایش دور آبیاری و بهره‌گیری از سوپرجاذب‌های رطوبت به‌عنوان دو راهکار اساسی جهت صرفه‌جویی و استفادهٔ بهینهٔ آب مدنظر قرار گرفته‌اند (۱۴). امروزه استفاده از پلیمرهای سوپرجاذب رطوبت در کشاورزی روبه گسترش بوده و نقش آن‌ها در کاهش شدت تنش خشکی و میزان مرگ و میر گیاهان و همچنین افزایش تولید محصولات زراعی در پژوهش‌های متعدد به اثبات رسیده است (۱، ۴۷). این پلیمرها قادرند مقدار زیادی آب جذب و آن را در ساختمان خود حفظ کنند و در صورت نیاز در شرایط خشکی آن را در اختیار گیاه قرار دهند (۳۱ و ۴۸). این مواد بی‌بو، بی‌رنگ و بدون خاصیت آلایندگی خاک، آب و بافت گیاه می‌باشند، ضمن اینکه کاملاً سالم و غیرسمی هستند و در نهایت در خاک به دی‌اکسید کربن، آب، آمونیاک و یون پتاسیم تجزیه می‌شوند (۲۹). در یک پژوهش اثر سطوح مختلف پلیمر سوپرجاذب رطوبت در یک اقلیم خشک بر خصوصیات اکوفیزیولوژیکی ذرت (*Zea mays* L.) مورد مطالعه قرار گرفت و گزارش شد که استفاده از سوپرجاذب در رژیم‌های مختلف آبیاری (کافی، متوسط و کم) منجر به افزایش معنی‌دار زیست‌توده‌ی ذرت شد، به‌طوری که سوپرجاذب (۳۰ کیلوگرم در هکتار) زیست‌توده را به‌ترتیب برای این تیمارها ۹۹، ۱۱ و ۳۹ درصد در مقایسه با شاهد افزایش داد (۷). در مطالعه‌ای دیگر اثر قطع آبیاری و تأثیر سوپرجاذب بر میزان بقای گیاهچهٔ کاج (*Pinus halepensis*) در یک اقلیم خشک در خاک‌های مختلف (شنی، لومی، لومی سیلتی، لومی شنی و رسی) مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که در شرایط عدم-کاربرد سوپرجاذب، ۵ روز پس از قطع آبیاری گیاهچه‌ها خشک شدند، درحالی‌که در شرایط استفاده از سوپرجاذب مرگ گیاهچه تا ۱۹ روز به تأخیر افتاد (۱۳). در یک پژوهش اثر کودهای آلی و شیمیایی مختلف بر خصوصیات کمی و کیفی ریحان بررسی و گزارش شد که در بسیاری از صفات مورد مطالعه نظیر ارتفاع بوته، عملکرد برگ و عملکرد خشک اندام‌های هوایی، کودهای آلی نسبت به کودهای شیمیایی و شاهد دارای برتری بودند (۳۹). در پژوهشی دیگر، پس از بررسی اثر کودهای زیستی مختلف و سطوح سوپرجاذب بر عملکرد و کمیت اسانس ریحان گزارش شد که بیشترین عملکرد ماده خشک ریحان در تیمار (بیوسولفور+نیتروکسین+سوپرجاذب) به‌دست آمد (۳۸).

طی چند دهه اخیر تلاش برای افزایش تولید در واحد سطح از یک سو و مصرف زیاد و نامتعادل کودهای شیمیایی از سوی دیگر، پیامدهای زیست‌محیطی منفی و افزایش هزینه‌های تولید را به‌همراه داشته است و این امر بر ضرورت تجدیدنظر و شیوه‌های جدید و ایمن افزایش تولید محصول تأکید دارد (۴۳). مواد هیومیکی شامل مخلوطی از ترکیبات آلی مختلف هستند که از منابع مختلفی نظیر خاک، هوموس، پیت، لیگنیت اکسید شده، زغال‌سنگ و غیره استخراج می‌شوند و از نظر اندازهٔ مولکولی و ساختار شیمیایی متفاوت هستند (۳۳ و ۳۴). مقادیر بسیار کم از اسیدهای آلی از طریق بهبود خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک، منجر به افزایش حاصلخیزی خاک می‌شود (۲۸). از دیگر مزایای اسیدهیومیک می‌توان به خاصیت کلات‌کنندگی عناصرغذایی (۴۲)، افزایش ظهور ریشه‌های جانبی، افزایش رشد اندام‌های هوایی و محتوای نیتروژن، رفع کلروز برگ‌ها (۲۵)، بهبود جذب عناصر غذایی و سهولت جذب عناصر ماکرو و میکرو (۳۳)، افزایش فعالیت‌های شبه‌هورمونی (۳۶) و افزایش تولید و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی (۴۰) اشاره کرد. در یک بررسی، اثر اسید هیومیک بر خصوصیات رشدی فلفل (*Capsicum frutesens* L.) در خاک شور و در یک اقلیم خشک مطالعه و گزارش شد که سطوح ۵۰۰، ۱۰۰۰ و ۲۰۰۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم اسید هیومیک، افزایش طول هیپوکوتیل، قطر و طول ساقه، وزن خشک، میزان عناصرغذایی و عملکرد گیاه را به همراه داشت (۴۱). در پژوهشی دیگر، اثر سطوح مختلف اسیدهیومیک بر شاخص‌های رشدی کلزا (*Brassica rapa* L.) در یک اقلیم خشک مورد بررسی قرار گرفت و مشخص شد که تیمار ۱۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسیدهیومیک، بیشترین شاخص سطح برگ را سبب شد (۲). در پژوهشی، اثر سطوح مختلف اسید هیومیک (صفر، ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.) بررسی و گزارش شد که بیشترین وزن خشک اندام هوایی، ارتفاع و تعداد گل و برگ در بوته در اثر کاربرد تیمار ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک بدست آمد (۲۷). جهان و همکاران (۱۵) گزارش کردند که استفاده از کودهای بیولوژیک منجر به افزایش طول ساقه‌ی اصلی و فرعی، تعداد ساقه‌ی فرعی، وزن خشک اندام هوایی و وزن هزار دانه ریحان در مقایسه با شاهد شد. غلامی و همکاران (۱۰) پس از بررسی اثر سطوح مختلف اسید فولویک (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی اسفرزه (*Plantago ovate* L.) گزارش کردند که کاربرد اسید فولویک ضمن بهبود خصوصیات کمی و کیفی گیاه، خسارات ناشی از تنش شوری را کاهش داد. در پژوهشی دیگر، اثر کودهای بیولوژیک مختلف بر عملکرد تر و خشک اندام هوایی، عملکرد خشک برگ و شاخص سطح برگ ریحان مثبت گزارش شد، به‌طوری‌که بیشترین عملکرد اندام هوایی در تیمار کاربرد هم‌زمان نیتروکسین و بیوفسفر بدست آمد (۱۸).

با توجه به اهمیت دارویی ریحان و جایگاه آن در صنایع غذایی و

دارویی (۱۲) و همچنین محدود بودن منابع آب و ضرورت افزایش کارایی مصرف آب با استفاده از نهاده‌های اکولوژیک، این پژوهش به‌منظور ارزیابی برخی ویژگی‌های اگرواکولوژیکی ریحان تحت‌تأثیر کاربرد هیدروژل سوپرجاذب رطوبت در خاک و محلول‌پاشی برگی اسیدهیومیک در شرایط آب و هوایی مشهد انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

این پژوهش به‌صورت کرت‌های دوبار خردشده نواری (اسپلیت استریپ بلوک) در قالب طرح پایهٔ بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعهٔ تحقیقاتی دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۶ دقیقه‌ی شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۳۸ دقیقهٔ شرقی و ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ اجرا شد. کاربرد هیدروژل سوپر جاذب رطوبت (CLOPHONY®, GL Co LTD. Netherland, www.glco.nl) در خاک در سه سطح صفر، مقدار توصیه شده (۴۰ کیلوگرم در هکتار)[1] و دو برابر مقدار توصیه شده (۸۰ کیلوگرم در هکتار) در کرت‌های اصلی و محلول‌پاشی برگی اسیدهیومیک (POW HUMUS®, Bioactive 85% WSG, HUMIN TECH, Germany, www.humintech.com) در دو سطح صفر و مقدار توصیه شده (۳ کیلوگرم در هکتار) در کرت‌های فرعی و مدار آبیاری در دو سطح ۵ و ۱۰ روز در کرت‌های نواری قرار گرفتند. حجم آب مورد نیاز در هر بار مورد نیاز در هر بار آبیاری برای هر تیمار ۴۰۰ مترمکعب در هکتار در نظر گرفته شد. کلاس دانه‌بندی سوپرجاذب از نوع متوسط و مخصوص گیاهان زراعی بود (جدول ۱). اسیدهیومیک استفاده شده، منشاء صد در صد طبیعی داشته، فرمولاسیون آن به شکل پودر قابل حل در آب و استخراج شده از معادن کشور آلمان بود (جدول ۱).

قبل از انجام آزمایشات مزرعه‌ای، به‌منظور تعیین خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک، از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک نمونه‌برداری انجام گرفت (جدول ۱).

به‌منظور حفظ پایداری خاک، جهت عملیات آماده‌سازی زمین، تنها عملیات دیسک‌زنی با تأکید بر خاک‌ورزی حداقل در نظر گرفته شد و کلیهٔ مراحل بعدی توسط کارگر و با بیل دستی انجام شد، بدین‌ترتیب که ابتدا کرت‌هایی به ابعاد ۲/۵×۲ متر ایجاد و سپس مقادیر مختلف سوپرجاذب برای هر یک از کرت‌های مربوطه محاسبه و به‌طور یکنواخت در سطح کرت‌های مورد نظر پخش و بلافاصله توسط بیل‌دستی وارد خاک شدند.

بذور ریحان با منشاء توده‌ی مشهد از مزرعهٔ تحقیقاتی دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد تهیه و اواخر اردیبهشت‌ماه در ردیف‌هایی به فاصله۵۰ سانتی‌متر، به صورت دستی کاشته شدند. به‌منظور جلوگیری از اختلاط اثر تیمارها، بین کرت‌های آزمایشی یک ردیف نکاشت در نظر گرفته شد و برای هر بلوک یک جوی جداگانه جهت آبیاری، ایجاد شد. اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت و آبیاری‌های بعدی تا مرحله پنج برگی هر هفت روز یکبار انجام گرفت و بعد از این مرحله تیمار مدار آبیاری اعمال شد. کاربرد اسید هیومیک در دو نوبت به‌صورت محلول پاشی روی برگ‌ها در مراحل ۶ تا ۷ برگی و قبل از گلدهی انجام گرفت. محلول‌پاشی به هنگام غروب آفتاب و توسط پمپ دستی با حجم پاشش ۴۰۰ لیتر در هکتار به‌صورت یکنواخت در سطح کرت‌های مورد نظر انجام شد. پس از سبز شدن (در مرحلهٔ چهار برگی)، برای حصول تراکم مناسب (۵۰ بوته در مترمربع)، نسبت به تنک گیاهان سبزشده اقدام شد. برای کنترل علف‌های هرز، سه نوبت وجین‌دستی به‌ترتیب ۱۵، ۳۰ و ۴۵ روز پس از کاشت انجام گرفت. در زمان آماده‌سازی زمین و در طول دوره‌ی رشد هیچ‌گونه علف‌کش، آفت‌کش و قارچ‌کش شیمیایی استفاده نشد. در اواخر فصل رشد، با آغاز مرحلهٔ رسیدگی بذرها، ۶۰۰ سانتی‌متر مربع از هر کرت به طور تصادفی انتخاب و صفاتی نظیر تعداد و وزن بذر در بوته، ارتفاع بوته و تعداد شاخه فرعی در بوته اندازه‌گیری شدند. برای تعیین عملکرد بذر، عملکرد مادهٔ خشک و شاخص برداشت، پس از حذف اثر حاشیه‌ای، سطح ۲ متر مربع از هر کرت انتخاب و عملیات برداشت انجام شد.

به‌منظور تجزیه و تحلیل آماری داده‌های آزمایش و رسم شکل‌ها، از نرم‌افزارهای SAS Ver. 9.1 و MS Excel Ver. 14 استفاده شد و داده‌ها تحت تجزیه واریانس (ANOVA) قرار گرفتند. کلیهٔ میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال ۵ درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

تعداد بذر در بوته

برهمکنش سوپرجاذب و اسید هیومیک بر تعداد بذر در بوته معنی‌دار بود، به‌طوری‌که بیشترین و کمترین تعداد بذر در بوته به ترتیب در اثر تیمارهای کاربرد ۴۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب بدون اسید هیومیک (۱۸۳۱ بذر در بوته) و کاربرد ۸۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب به‌علاوهٔ اسید هیومیک (۱۱۶۰ بذر در بوته) حاصل شد (جدول ۳). برهمکنش سوپرجاذب و مدار آبیاری بر تعداد بذر در بوته معنی‌دار بود، به‌طوری‌که اثر سطوح مختلف سوپرجاذب در مدارهای آبیاری ۵ و ۱۰ روز متفاوت بود، به‌این‌ترتیب که سطوح صفر و ۸۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب در مدار آبیاری ۵ روز و سطح ۴۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب در مدار آبیاری ۱۰ روز نقش مؤثرتری در بهبود تعداد بذر در بوته ایفا کردند (جدول ۴).

۱- سوپرجاذب مورد نیاز از شرکت کودهای زیستی مهرآسیا تهیه شد.

جدول ۱- خصوصیات خاک، اسید هیومیک و سوپرجاذب مورد استفاده.

Table 1- Characteristics of used soil, humic acid and super absorbent.

خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک Physicochemical characteristics of soil		خصوصیات اسید هیومیک مورد استفاده Characteristics of used humic acid		خصوصیات سوپرجاذب مورد استفاده Characteristics of used polymer super absorbent	
بافت خاک Soil texture	لوم سیلتی Silty loam	پوهوموس ۸۵ درصد WGS 85%	نام تجاری Trade name	پودر سفید رنگ White powder	ظاهر Appearance
نیتروژن کل (درصد) Total nitrogen (%)	0.078	85	اسید هیومیک (درصد) Humic acid (%)	Less than 5	مقدار رطوبت (درصد) Moisture content
فسفر قابل دسترس (ppm) Available phosphorus (ppm)	11	12	اکسید پتاسیم (درصد) Potassium oxid (%)	0	بو و سمیت Odor and toxicity
پتاسیم قابل دسترس (ppm) Available potassium (ppm)	472	1	آهن (درصد) Fe (%)	0.8	چگالی توده‌ای ($g.cm^{-1}$) Mass density ($g.cm^{-1}$)
هدایت الکتریکی ($dS.m^{-1}$) Electrical conductivity ($ds.m^{-1}$)	1.2	0.8	نیتروژن آلی (درصد) Organic nitrogen (%)	6-7	pH
کربن آلی خاک (درصد) Soil organic carbon (%)	0.58	9-10	pH		
pH	7.7				

به نظر می‌رسد که سطوح مختلف سوپرجاذب از طریق بهبود جذب عناصر غذایی و سهولت جذب عناصر ماکرو و میکرو (۷) توسط گیاه منجر به بهبود خصوصیات کمی گیاه شدند. در یک پژوهش گزارش شد که کاربرد ۶۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب، موجب افزایش تعداد خوشه و بذر در بوتهٔ یولاف (*Avena sativa*) شد (۱۴). جهان و همکاران (۱۷) در یک پژوهش با بررسی اثر سطوح سوپرجاذب و اسید هیومیک در مدارهای آبیاری مختلف بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا قرمز (*Phaseolus vulgaris* L.) گزارش کردند که کارایی تمامی سطوح سوپرجاذب مورد مطالعه در شرایط استفاده از اسید هیومیک بهبود یافت، بدین ترتیب که در شرایط کاربرد اسید هیومیک کارایی سطوح صفر، ۴۰ و ۸۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب به‌ترتیب ۱۹، ۱۸ و ۱۱ درصد نسبت به کاربرد جداگانهٔ آن‌ها افزایش یافت. تعداد بذر در بوته به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر برهمکنش اسیدهیومیک و مدار آبیاری قرار گرفت، به‌طوری‌که اثر اسید هیومیک بر تعداد بذر در بوته در سطوح مختلف آبیاری متفاوت بود، به‌این‌ترتیب که اسید هیومیک در مدار آبیاری ۵ روز منجر به کاهش ۱۱ درصدی تعداد بذر در بوته نسبت به شاهد شد و حال این‌که استفاده از این اسید آلی در مدار آبیاری ۱۰ روز، افزایش ۲۶ درصدی تعداد بذر در بوته در مقایسه با شاهد را به همراه داشت، بنابراین به نظر می‌رسد که با افزایش فاصله آبیاری، نقش‌های سودمند اسیدهیومیک در کاهش اثرات سوء کم‌آبی بیشتر بروز پیدا کرد (جدول ۵). در پژوهشی، اثر سطوح مختلف اسید هیومیک (صفر، ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی همیشه‌بهار بررسی و گزارش شد که بیشترین تعداد گل و دانه در بوته در اثر کاربرد تیمار ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک بدست آمد (۲۷). در پژوهشی دیگر، پس از بررسی اثر سطوح مختلف اسید فولویک (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی اسفرزه گزارش شد که کاربرد اسید فولویک ضمن بهبود خصوصیات کمی و کیفی گیاه، خسارات ناشی از تنش شوری را کاهش داد (۱۰).

در بررسی اثر متقابل سه‌گانه‌ی سوپرجاذب، اسید هیومیک و مدار آبیاری بر تعداد بذر در بوته مشاهده شد که در مدار آبیاری ۱۰ روز، در هر دو شرایط بدون و با محلول‌پاشی اسیدهیومیک، بیشترین تعداد بذر در بوته در تیمار ۴۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب بدست آمد، در حالی‌که در مدار آبیاری ۵ روز، در شرایط بدون و با محلول‌پاشی اسیدهیومیک، به‌ترتیب سطوح صفر و ۸۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب دارای تعداد بذر در بوته بیشتری نسبت به سطوح دیگر بودند (جدول ۶). بر اساس نتایج جدول ۶، در مدار آبیاری ۵ روز، محلول‌پاشی اسیدهیومیک در تمامی سطوح سوپرجاذب مورد مطالعه منجر به کاهش تعداد بذر در بوته نسبت به زمانی شد که از این اسید آلی استفاده نگردید، ولی در مدار آبیاری ۱۰ روز، کارایی سطوح صفر و ۴۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب در حضور اسید هیومیک تشدید شد. به نظر می‌رسد که در مدار آبیاری ۱۰ روز، سوپرجاذب از طریق کاهش تلفات عناصرغذایی موجود در خاک (۴۶) و اسید هیومیک با خاصیت کلات‌کنندگی این عناصر (۴۲)، به‌صورت مکمل هم عمل کردند و در نتیجه مواد غذایی کافی در اختیار گیاه قرار گرفت که در

نهایت منجر به بهبود خصوصیات کمی گیاه شد. در پژوهشی گزارش شد که پلیمر سوپرجاذب، ظرفیت نگهداری آب خاک شنی را ۱۷۱ تا ۴۰۲ درصد افزایش داد (۲۰). همسو با نتایج این پژوهش، برخی محققین (۱۱) گزارش کردند که کاربرد ۳۵۰۰ گرم در هکتار اسید هیومیک، موجب افزایش قابل‌توجه تعداد بذر در ردیف و طول بلال ذرت شد.

وزن بذر در بوته

در بررسی اثر متقابل سوپرجاذب و مدار آبیاری مشاهده شد که در هر مدار آبیاری، سطح مشخصی از سوپرجاذب منجر به تولید بیشترین وزن بذر در بوته شد، به‌این‌ترتیب که در مدارهای آبیاری ۵ و ۱۰ روز به‌ترتیب سطوح ۸۰ و ۴۰ کیلوگرم در هکتار نسبت به سایر تیمارها از وزن بذر در بوته بیشتری برخوردار بودند (جدول ۴). در یک پژوهش، اثر تنش خشکی و سطوح مختلف کود دامی و پلیمر سوپرجاذب بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای بررسی و گزارش شد که وزن دانه در بوته به شدت تحت‌تأثیر افزایش تنش خشکی قرار گرفت و با افزایش دور آبیاری کاهش یافت، درحالی‌که کاربرد کود دامی و پلیمر سوپرجاذب افزایش معنی‌دار وزن دانه در بوته را در مقایسه با شاهد به همراه داشت، به‌طوری‌که بیشترین مقدار وزن دانه در بوته در تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب بدست آمد. همان‌طور که در جدول ۶ مشاهده می‌شود، در مدار آبیاری ۵ روز، با افزایش مقادیر مصرفی سوپرجاذب روند تغییرات وزن بذر در بوته در شرایط کاربرد و عدم-کاربرد اسید هیومیک از روند منظمی پیروی کرد، به‌این‌ترتیب که با افزایش سوپرجاذب مصرفی به‌میزان ۴۰ کیلوگرم در هکتار، روند تغییرات وزن بذر در بوته به صورت کاهشی بود و با افزایش بیشتر سوپرجاذب مصرفی به میزان ۸۰ کیلوگرم در هکتار، وزن بذر در بوته روندی صعودی را پیمود، به‌طوری‌که در هر دو شرایط بدون و با محلول‌پاشی اسیدهیومیک بیشترین وزن بذر در بوته در سطح ۸۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب بدست آمد. در مدار آبیاری ۱۰ روز، سطوح صفر و ۴۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب به‌ترتیب در شرایط بدون و با محلول‌پاشی اسیدهیومیک از نظر وزن بذر در بوته نسبت به سایر مقادیر مصرفی سوپرجاذب دارای برتری بودند. سطوح مختلف سوپرجاذب احتمالاً از طریق بهبود ساختمان خاک (۳۱) موجب بهبود خصوصیات کمی گیاه شدند. در یک پژوهش گزارش شد که کاربرد ۷۵ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب، شاخص‌های رشدی سورگوم را به-میزان زیادی در مقایسه با شاهد افزایش داد (۹).

ارتفاع بوته

اثر متقابل سوپرجاذب و اسید هیومیک بر ارتفاع بوته معنی‌دار بود، به‌طوری‌که بیشترین و کمترین مقدار ارتفاع بوته به‌ترتیب در تیمارهای کاربرد ۴۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب به‌علاوهٔ محلول‌پاشی اسیدهیومیک (۸۸/۳ سانتی‌متر) و عدم کاربرد سوپرجاذب بدون اسید هیومیک (۶۲/۲۰ سانتی‌متر) به‌دست آمد (جدول ۳). تحلیل اثر متقابل سه‌گانه‌ی سوپرجاذب، اسید هیومیک و مدار آبیاری نشان داد که بیشترین و کمترین ارتفاع بوته به‌ترتیب در تیمارهای عدم‌کاربرد سوپرجاذب به‌علاوهٔ اسید هیومیک و مدار آبیاری ۵ روز (۹۲/۹ سانتی‌متر) و عدم کاربرد سوپرجاذب بدون اسید هیومیک و مدار آبیاری ۵ روز (۴۷/۷ سانتی‌متر) حاصل شد (جدول ۶). در یک پژوهش گزارش شد که کاربرد سوپرجاذب در خاک، با بهبود ساختار خاک منجر به کاهش تلفات نیتروژن (به شکل اوره) در خاک شد (۴۷) و از آبشویی این عنصر به اعماق زمین جلوگیری کرد. در پژوهش حاضر، کاربرد هم‌زمان سوپرجاذب و اسیدهیومیک احتمالاً ضمن کاهش شدت تنش خشکی و بهبود کارایی سطوح آبیاری مورد مطالعه، افزایش ارتفاع بوته را به همراه داشت. در پژوهشی اثر سطوح مختلف اسیدهیومیک بر خصوصیات کمی و کیفی گوجه‌فرنگی (*Lycpersicon esculentum* L.) بررسی و گزارش شد که بیشترین تعداد میوه در بوته در سطح ۲ کیلوگرم در هکتار اسیدهیومیک بدست آمد (۳۵). جهان و همکاران (۱۶) اثر سطوح سوپرجاذب در مدارهای آبیاری مختلف بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه ذرت مطالعه و گزارش کردند که بیشترین ارتفاع بوته در تیمار ۸۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب به‌دست آمد.

تعداد شاخهٔ فرعی در بوته

در بررسی اثر متقابل سوپرجاذب و اسیدهیومیک بر تعداد شاخه فرعی در بوته، مشاهده شد که از این نظر اثر اسیدهیومیک در سطوح مختلف سوپرجاذب متفاوت بود، به‌این‌ترتیب که اسید هیومیک در سطوح صفر و ۴۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب منجر به کاهش تعداد شاخه فرعی در بوته شد، درحالی‌که کاربرد همزمان اسید هیومیک و ۸۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب، تعداد شاخه فرعی در بوته را ۱۱ درصد نسبت کاربرد جداگانهٔ آن‌ها افزایش داد (جدول ۳). به نظر می‌رسد که اسیدهیومیک احتمالاً از طریق بهبود فرآیندهای فیزیولوژیکی دخیل در جذب آب توسط ریشه (۳)، کارایی سطح ۸۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب را در فراهمی آب قابل دسترس برای گیاه افزایش داد و در نتیجه تعداد شاخه فرعی در بوته افزایش یافت. در یک پژوهش اثر کودهای بیولوژیک مختلف بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه دارویی گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis*) بررسی و گزارش شد که در شرایط کاربرد این کودها، خصوصیات کمی گیاه به‌ویژه تعداد ساقه فرعی در بوتهٔ آن به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش یافت (۳۷).

جدول ۲- مقایسه‌میانگین‌های برخی از ویژگی‌های کمی ریحان در سطوح مختلف کاربرد هیدروژل سوپرجاذب رطوبت در خاک، محلول‌پاشی اسیدهیومیک و دور آبیاری.

Table 2- Means comparison of some quantity characteristics of basil in different levels of water-saving super absorbent polymer, humic acid and irrigation intervals.

صفات مورد بررسی Studied traits	Super absorbent (kg.ha^{-1}) سوپرجاذب			Humic acid اسید هیومیک		Irrigation مدار آبیاری intervals	
	صفر 0	٤٠ 40	٨٠ 80	کاربرد Application	عدم‌کاربرد Non-application	٥ روز Day 5	١٠ روز Day 10
عملکرد بذر (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg.ha^{-1})	1831.23^{b*}	2086.61^{a}	1915.90^{b}	1715.63^{b}	2173.53^{a}	2135.49^{a}	1753.68^{b}
عملکرد ماده‌ی‌خشک (کیلوگرم‌درهکتار) Dry matter yield (kg.ha^{-1})	14612.5^{b}	21106.3^{a}	22329.2^{a}	19777.8^{a}	18920.8^{a}	22731.3^{a}	15967.4^{b}
شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	12.67^{a}	11.42^{a}	8.44^{b}	9.36^{b}	12.32^{a}	9.83^{b}	11.85^{a}
تعداد بذر در بوته Seed number per plant	1580.1^{a}	1713.7^{a}	1350.2^{a}	1443.0^{a}	1653.0^{a}	1627.6^{a}	1468.4^{a}
وزن بذر در بوته (گرم) Seed weight per plant (g)	3.66^{a}	3.58^{a}	3.93^{a}	3.58^{a}	3.86^{a}	3.78^{a}	3.66^{a}
ارتفاع بوته (سانتی متر) Height plant (cm)	73.9^{a}	77.8^{a}	80.1^{a}	77.5^{a}	77.0^{a}	73.8^{b}	80.8^{a}
تعداد شاخه فرعی در بوته Branch number per plant	6.2^{b}	7.9^{a}	7.6^{a}	6.7^{b}	7.8^{a}	7.7^{a}	6.8^{b}

* در هر ردیف و برای هر عامل، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال ۵ درصد، تفاوت معنی‌داری ندارند.

*In each row and for each factor, means followed by the same letters are not significantly different ($p\leq0.05$), at 5% probability level based on Duncan′s multiple range.

جدول ۳- مقایسه‌میانگین‌های برهمکنش کاربرد سوپرجاذب و محلول‌پاشی اسیدهیومیک بر برخی ویژگی‌های کمی ریحان.

Table 3- Means comparison of super absorbent and humic acid interaction on some quantity characteristics of basil.

صفات مورد بررسی Studied traits	عدم‌کاربرد سوپرجاذب Non application of super absorbent		کاربرد ۴۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب 40 kg.ha^{-1} application of super absorbent		کاربرد ۸۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب 80 kg.ha^{-1} application of super absorbent	
	محلول‌پاشی اسیدهیومیک Foliar of humic acid	بدون اسیدهیومیک Non foliar of humic acid	محلول‌پاشی اسیدهیومیک Foliar of humic acid	بدون اسیدهیومیک Non foliar of humic acid	محلول‌پاشی اسیدهیومیک Foliar of humic acid	بدون اسیدهیومیک Non foliar of humic acid
عملکرد بذر (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg.ha^{-1})	1990.4^{ab*}	1672.1^{c}	1534.4^{c}	2638.8^{a}	1622.1^{c}	2209.7^{ab}
عملکرد ماده‌ی‌خشک (کیلوگرم‌درهکتار) Dry matter yield (kg.ha^{-1})	15956^{bc}	13269^{c}	22375^{ab}	19838^{ab}	23656^{a}	21002^{ab}
شاخص برداشت (درصد) Harvest index (%)	12.56^{ab}	12.78^{ab}	7.82^{c}	15.02^{a}	7.70^{c}	9.18b^{c}
تعداد بذر در بوته Seed number per plant	1572.1^{ab}	1588.1^{ab}	1596.3^{ab}	1831.0^{a}	1160.4^{b}	1539.9^{ab}
وزن بذر در بوته (گرم) Seed weight per plant (g)	3.44^{a}	3.34^{a}	3.32^{a}	3.83^{a}	3.44^{a}	4.41^{a}
ارتفاع بوته (سانتی متر) Height plant (cm)	85.78^{a}	62.20^{c}	67.41^{bc}	88.35^{a}	79.56^{ab}	80.65^{ab}
تعداد شاخه فرعی در بوته Branch number per plant	5.77^{b}	6.77^{ab}	6.45^{b}	9.45^{a}	8.10^{ab}	7.20^{ab}

* در هر ردیف، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال ۵ درصد، تفاوت معنی‌داری ندارند.

*In each row, means followed by the same letters are not significantly different ($p\leq0.05$), at 5% probability level based on Duncan's multiple range.

جدول ٤- مقایسه‌میانگین‌های برهمکنش کاربرد سوپرجاذب و مدار آبیاری بر برخی ویژگی‌های کمی ریحان.

Table 4- Means comparison of super absorbent and irrigation intervals interaction on some quantity characteristics of basil.

	مدار آبیاری ۵ روز 5 days irrigation interval				مدار آبیاری ۱۰ روز 10 days irrigation interval			
	عملکرد بذر Seed yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد ماده‌ی‌خشک Dry matter yield ($kg.ha^{-1}$)	شاخص برداشت Harvest index (%)	تعداد بذر در بوته Seed number per plant	عملکرد بذر Seed yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد ماده‌ی‌خشک Dry matter yield ($kg.ha^{-1}$)	شاخص برداشت Harvest index (%)	تعداد بذر در بوته Seed number per plant
عدم‌کاربرد سوپرجاذب Non application of super absorbent	1767.4^{bc*}	15606^{d}	11.34^{bc}	1700.8^{a}	1895.0^{b}	13619^{d}	14.00^{ab}	1459.5^{ab}
کاربرد ۴۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب 40 $kg.ha^{-1}$ application of super absorbent	2128.6^{ab}	28188^{a}	7.93^{cd}	1529.3^{ab}	2044.6^{ab}	14025^{d}	14.92^{a}	1898.1^{a}
کاربرد ۸۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب 80 $kg.ha^{-1}$ application of super absorben	2510.4^{a}	24400^{b}	10.24^{c}	1652.8^{a}	1321.4^{c}	20258^{c}	6.64^{d}	1047.5^{b}

	مدار آبیاری ۵ روز 5 days irrigation interval			مدار آبیاری ۱۰ روز 10 days irrigation interval		
	وزن بذر در بوته Seed weight per plant (g)	ارتفاع بوته Height plant (cm)	تعداد شاخه فرعی در بوته Branch number per plant	وزن بذر در بوته Seed weight per plant (g)	ارتفاع بوته Height plant (cm)	تعداد شاخه فرعی در بوته Branch number per plant
عدم‌کاربرد سوپرجاذب Non application of super absorbent	3.53^{bc}	70.3^{a}	4.55^{d}	3.79^{bc}	77.6^{a}	8.00^{b}
کاربرد ۴۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب 40 $kg.ha^{-1}$ application of super absorbent	2.81^{c}	68.8^{a}	10.20^{a}	4.34^{ab}	86.9^{a}	5.70^{cd}
کاربرد ۸۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب 80 $kg.ha^{-1}$ application of super absorben	5.02^{a}	82.4^{a}	8.35^{ab}	2.84^{c}	77.8^{a}	6.95^{bc}

* در هر دو ستون متناظر و برای هر صفت، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال ۵ درصد، تفاوت معنی‌داری ندارند.

*In each the same column, means followed by the same letters are not significantly different ($p \leq 0.05$), at 5% probability level based on Duncan's multiple range.

جدول ۵- مقایسه میانگین‌های برهمکنش محلول‌پاشی اسیدهیومیک و مدار آبیاری بر برخی ویژگی‌های کمی ریحان.

Table 5- Means comparison of humic acid and irrigation intervals interaction on some quantity characteristics of basil.

	مدار آبیاری ۵ روز 5 days irrigation interval				مدار آبیاری ۱۰ روز 10 days irrigation interval			
	عملکرد بذر Seed yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد ماده‌ی‌خشک Dry matter yield ($kg.ha^{-1}$)	شاخص برداشت Harvest index (%)	تعداد بذر در بوته Seed number per plant	عملکرد بذر Seed yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد ماده‌ی‌خشک Dry matter yield ($kg.ha^{-1}$)	شاخص برداشت Harvest index (%)	تعداد بذر در بوته Seed number per plant
محلول‌پاشی اسیدهیومیک Foliar of humic acid	1831.6b*	23504^{a}	8.34^{b}	1357.2^{b}	1599.7^{b}	16051^{b}	10.38^{ab}	1528.7^{ab}
بدون اسیدهیومیک Non foliar of humic acid	2439.4^{a}	21958^{a}	11.32^{ab}	1898.0^{a}	1907.7^{b}	15883^{b}	13.33^{a}	1408.0^{b}

	مدار آبیاری ۵ روز 5 days irrigation interval			مدار آبیاری ۱۰ روز 10 days irrigation interval		
	وزن بذر در بوته Seed weight per plant (g)	ارتفاع بوته Height plant (cm)	تعداد شاخه فرعی در بوته Branch number per plant	وزن بذر در بوته Seed weight per plant (g)	ارتفاع بوته Height plant (cm)	تعداد شاخه فرعی در بوته Branch number per plant
محلول‌پاشی اسیدهیومیک Foliar of humic acid	3.66^{a}	73.6^{a}	8.08^{a}	3.50^{a}	81.5^{a}	5.46^{b}
بدون اسیدهیومیک Non foliar of humic acid	3.91^{a}	74.0^{a}	7.31^{ab}	3.81^{a}	80.0^{a}	8.30^{a}

* در هر دو ستون متناظر و برای هر صفت، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال ۵ درصد، تفاوت معنی‌داری ندارند.

*In each the same column, means followed by the same letters are not significantly different ($p\leq0.05$), at 5% probability level based on Duncan's multiple range.

جدول ٦- مقایسه‌میانگین‌های برهمکنش سطوح مختلف کاربرد سوپرجاذب، محلول‌پاشی اسیدهیومیک و مدار آبیاری بر برخی ویژگی‌های کمی ریحان.

Table 6- Means comparison of super absorbent, humic acid and irrigation intervals interaction on some quantity characteristics of basil.

		عملکرد بذر Seed yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد ماده‌ی‌خشک Dry matter yield ($kg.ha^{-1}$)	شاخص برداشت Harvest index (%)	تعداد بذر در بوته Seed number per plant	وزن بذر در بوته Seed weight per plant (g)	ارتفاع بوته Height plant (cm)	تعداد شاخه فرعی در بوته Branch number per plant
		مدار آبیاری ۵ روز 5 days irrigation interval						
محلول‌پاشی اسیدهیومیک Foliar of humic acid	عدم‌کاربرد سوپرجاذب Non application of super absorbent	1854.3cd*	16550^{cd}	11.15^{b-d}	1459.2^{a-d}	3.70^{b-d}	92.9^{a}	3.9^{f}
	کاربرد ۴۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب 40 $kg.ha^{-1}$ application of super absorbent	1607.2^{ed}	30250^{a}	5.31^{f}	1340.9^{a-d}	3.21^{c-e}	49.9^{f}	10.2^{a}
	کاربرد ۸۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب 80 $kg.ha^{-1}$ application of super absorben	2033.3^{c}	23713^{b}	8.57^{ed}	1271.6^{b-d}	4.06^{bc}	78.0^{c-e}	10.1^{a}
محلول‌پاشی اسیدهیومیک Foliar of humic acid	عدم‌کاربرد سوپرجاذب Non application of super absorbent	1680.5^{ed}	14663^{c-e}	11.53^{b-d}	1942.4^{ab}	3.35^{cd}	47.7^{f}	5.1^{e}
	کاربرد ۴۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب 40 $kg.ha^{-1}$ application of super absorbent	2650.0^{b}	26125^{b}	10.54^{cd}	1717.6^{a-d}	2.41^{e}	87.7a^{-c}	10.2^{a}
	کاربرد ۸۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب 80 $kg.ha^{-1}$ application of super absorben	2987.6^{a}	25088^{b}	11.90^{bc}	2034.1^{a}	5.97^{a}	86.8^{a-c}	6.6^{d}
		مدار آبیاری ۱۰ روز 10 days irrigation interval						
محلول‌پاشی اسیدهیومیک Foliar of humic acid	عدم‌کاربرد سوپرجاذب Non application of super absorbent	2126.4^{c}	15363^{c-e}	13.97^{b}	1685.1^{a-d}	4.25^{b}	78.6^{c-e}	7.6^{c}
	کاربرد ۴۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب 40 $kg.ha^{-1}$ application of super absorbent	1461.6^{ef}	14500^{c-e}	10.34^{cd}	1851.8^{a-c}	3.43^{b-d}	84.9^{a-d}	2.7^{g}
	کاربرد ۸۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب 80 $kg.ha^{-1}$ application of super absorben	1211.0^{f}	18292^{c}	6.83^{ef}	1049.2^{d}	2.82^{de}	81.1^{b-e}	6.1^{d}
محلول‌پاشی اسیدهیومیک Foliar of humic acid	عدم‌کاربرد سوپرجاذب Non application of super absorbent	1663.6^{de}	11875^{e}	14.02^{b}	1233.9^{cd}	3.32^{cd}	76.7^{de}	8.4^{bc}
	کاربرد ۴۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب 40 $kg.ha^{-1}$ application of super absorbent	2627.7^{b}	13550de	19.50^{a}	1944.4^{ab}	5.25^{a}	89.0^{ab}	8.7^{b}
	کاربرد ۸۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب 80 $kg.ha^{-1}$ application of super absorben	1431.7^{ef}	22225^{b}	6.45^{ef}	1045.8^{d}	2.86^{de}	74.5^{e}	7.8^{bc}

* در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال ۵ درصد، تفاوت معنی‌داری ندارند.

*In each column, means followed by the same letters are not significantly different ($p \leq 0.05$), at 5% probability level based on Duncan's multiple range.

تعداد شاخه فرعی در بوته به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر متقابل سوپرجاذب و مدار آبیاری قرار گرفت، به‌طوری‌که بیشترین و کمترین تعداد شاخه فرعی در بوته به‌ترتیب در تیمارهای کاربرد ۴۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب و مدار آبیاری ۵ روز (۱۰/۲ شاخه فرعی در بوته) و عدم‌کاربرد سوپرجاذب و مدار آبیاری ۵ روز (۴/۵ شاخه فرعی در بوته) بدست آمد (جدول ۴). به نظر می‌رسد که سطوح مختلف سوپرجاذب از طریق کاهش نیاز آبی گیاه (۴۴) و کاهش تبخیر آب از سطح خاک (۳۱)، منجر به کاهش شدت تنش خشکی شدند و در نتیجه تعداد شاخه فرعی در بوته افزایش یافت. در آزمایشی، اثر مقادیر مختلف سوپرجاذب و مدار آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد سویا (*Glycine max* L.) مورد مطالعه قرار گرفت و گزارش شد که با افزایش مقادیر مصرفی سوپرجاذب، عملکرد بذر، وزن صد بذر، تعداد غلاف در بوته و عملکرد روغن به میزان قابل‌توجهی نسبت به شاهد افزایش یافت (۴۵).

همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، اثر سوپرجاذب در سطوح مختلف آبیاری متفاوت بود، به‌این‌ترتیب که در مدار آبیاری ۵ روز، استفاده از سطوح ۴۰ و ۸۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب به‌ترتیب منجر به افزایش ۵۵ و ۴۶ درصدی تعداد شاخه فرعی در بوته نسبت به شاهد شد، درحالی‌که در مدار آبیاری ۱۰ روز، کاربرد این سطوح (سطوح ۴۰ و ۸۰ کیلوگرم در هکتار) تعداد شاخه فرعی را به‌ترتیب با کاهش ۲۹ و ۱۳ درصدی مواجه ساخت. با توجه به نتایج جدول ۵، در شرایط محلول‌پاشی اسیدهیومیک، مدار آبیاری ۵ روز از تعداد شاخه فرعی بیشتری نسبت به مدار آبیاری ۱۰ روز برخوردار بود، درحالی‌که در شرایط عدم‌استفاده از اسید هیومیک، تعداد شاخه فرعی در بوته در مدار آبیاری ۱۰ روز بیشتر از مدار آبیاری ۵ روز بود.

اثرات متقابل سه‌گانهٔ سوپرجاذب، اسیدهیومیک و مدار آبیاری بر تعداد شاخه فرعی در بوته معنی‌دار بود، به‌طوری‌که در مدار آبیاری ۵ روز، در هر دو شرایط بدون و با محلول‌پاشی اسیدهیومیک، بیشترین تعداد شاخه فرعی در بوته در سطح ۴۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب بدست آمد، درحالی‌که در مدار آبیاری ۱۰ روز، در شرایط بدون و با محلول‌پاشی اسیدهیومیک به‌ترتیب سطوح صفر و ۴۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب از تعداد شاخه فرعی در بوتهٔ بیشتری نسبت به سایر مقادیر مصرفی سوپرجاذب برخوردار بودند (جدول ۶).

عملکرد بذر

برهمکنش سوپرجاذب و اسید هیومیک به‌طور معنی‌داری بر عملکرد بذر تأثیر داشت، به‌طوری‌که تیمار کاربرد ۴۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب بدون اسید هیومیک منجر به افزایش ۳۷ درصدی عملکرد بذر در مقایسه با شاهد شد (جدول ۳). به نظر می‌رسد که کاربرد ۴۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب از طریق بهبود خصوصیات فیزیکی خاک (۴) منجر به افزایش عملکرد بذر شد. در یک بررسی اثر سطوح مختلف سوپرجاذب و اسید هیومیک بر عملکرد و اجزای عملکرد لوبیا قرمز مطالعه و گزارش شد که بیشترین و کمترین عملکرد بذر به‌ترتیب در تیمارهای ۸۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب به‌علاوه‌ی اسید هیومیک و عدم‌کاربرد سوپرجاذب بدون اسید هیومیک بدست آمد، ضمن اینکه در تمامی سطوح سوپرجاذب مورد مطالعه، کاربرد اسید هیومیک منجر به افزایش عملکرد بذر شد (۱۷).

همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، با افزایش مقادیر مصرفی سوپرجاذب، روند تغییرات عملکرد بذر در سطوح مختلف آبیاری متفاوت بود، به‌این‌ترتیب که در مدار آبیاری ۵ روز، با افزایش مقادیر مصرفی سوپرجاذب عملکرد بذر افزایش یافت، درحالی‌که در مدار آبیاری ۱۰ روز، با افزایش سوپرجاذب تا سطح ۴۰ کیلوگرم در هکتار، روند تغییرات عملکرد بذر افزایشی و سپس با افزایش بیشتر سوپرجاذب (تا سطح ۸۰ کیلوگرم در هکتار) عملکرد بذر روندی کاهشی را در پیش گرفت. به نظر می‌رسد که در فواصل آبیاری کوتاه‌تر، افزایش مقادیر مصرفی سوپرجاذب منجر به جذب آب اضافی داده شده به زمین شد، درحالی‌که در مدار آبیاری ۱۰ روز، کاربرد ۴۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب برای جذب رطوبت کافی بود و استفاده مقادیر بیشتر از ۴۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب برای جذب رطوبت چندان مؤثر نبود و صرفهٔ اقتصادی نداشت. کاربرد ۸۰ و ۴۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب، به‌ترتیب در مدارهای آبیاری ۵ و ۱۰ روز منجر به تولید بیشترین عملکرد بذر شدند (جدول ۴). به نظر می‌رسد که سطوح مختلف سوپرجاذب از طریق کاهش نیاز آبی گیاه (۴۴) و کاهش تبخیر آب از سطح خاک (۳۱)، تنش خشکی را کاهش دادند و در نتیجه عملکرد بذر افزایش یافت. برخی از محققین اثر مقادیر مختلف سوپرجاذب و مدار آبیاری را بر عملکرد و اجزای عملکرد سویا مورد بررسی قرار داده و گزارش کردند که با افزایش مقادیر مصرفی سوپرجاذب، عملکرد بذر به میزان قابل‌توجهی نسبت به شاهد افزایش یافت (۴۵).

برهمکنش اسیدهیومیک و مدار آبیاری بر عملکرد بذر معنی‌دار بود، به‌طوری‌که در هر دو سطح آبیاری مورد مطالعه، استفاده از اسید هیومیک دارای اثر منفی بر عملکرد بذر بود (جدول ۵). با توجه به نتایج جدول ۵، اسید هیومیک در مدار آبیاری ۵ روز، نقش مؤثرتری در بهبود عملکرد بذر ایفا کرد، به‌طوری‌که محلول‌پاشی اسیدهیومیک در مدار آبیاری ۱۰روز، نسبت به ۵ روز، فقط سبب کاهش ۱۳ درصدی عملکرد بذر شد که در مقایسه با حذف یک نوبت آبیاری، می‌تواند بسیار قابل توجه باشد. به نظر می‌رسد که اسید هیومیک منجر به بهبود کارایی مصرف آب گیاه شد به‌طوری‌که عملکرد بذر در مدار آبیاری ۱۰ روز تفاوت چندانی با مدار آبیاری ۵ روز نداشت. عملکرد بذر به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر اثرات متقابل سه‌گانهٔ سوپرجاذب،

اسید هیومیک و مدار آبیاری قرار گرفت، به‌طوری‌که بیشترین و کمترین عملکرد بذر به‌ترتیب در تیمارهای کاربرد ۸۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب بدون اسید هیومیک و مدار آبیاری ۵ روز (۲۹۸۷/۶ کیلوگرم در هکتار) و کاربرد ۸۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب به‌علاوهٔ اسید هیومیک و مدار آبیاری ۱۰ روز (۱۲۱۱ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد (جدول ۶). همان‌طور که در جدول ۶ مشاهده می‌شود، در مدار آبیاری ۵ روز، در هر دو شرایط کاربرد و عدم‌کاربرد اسید هیومیک، بیشترین عملکرد بذر در بالاترین سطح سوپرجاذب مصرفی (سطح ۸۰ کیلوگرم در هکتار) حاصل شد، درحالی‌که در مدار آبیاری ۱۰ روز، در شرایط کاربرد و عدم‌کاربرد اسید هیومیک، مقادیر بالای سوپرجاذب مصرفی منجر به کاهش عملکرد بذر شدند. به نظر می‌رسد که در مدار آبیاری ۵ روز، آزادسازی عناصر غذایی موجود در سوپرجاذب با سهولت بیشتری انجام شد (۷) و در نتیجه استفاده از سوپرجاذب عملکرد بذر را افزایش داد، درحالی‌که در مدار آبیاری ۱۰ روز، احتمالاً به دلیل کمبود شدید رطوبت، این مواد نتوانستند نقش مؤثری در افزایش عملکرد بذر ایفا کنند و فقط از کاهش بیشتر عملکرد جلوگیری کردند.

عملکرد ماده خشک

برهمکنش سوپرجاذب و اسیدهیومیک به‌طور معنی‌داری بر عملکرد ماده‌خشک معنی‌دار بود، به‌طوری‌که اثر تمامی سطوح سوپرجاذب مورد مطالعه در شرایط محلول‌پاشی اسیدهیومیک تشدید شد، به این ترتیب که محلول‌پاشی اسیدهیومیک اثر سطوح صفر، ۴۰ و ۸۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب را به‌ترتیب ۱۷، ۱۱ و ۱۱ درصد نسبت به کاربرد جداگانه‌ی آن‌ها افزایش داد (جدول ۳). به نظر می‌رسد که اسید هیومیک احتمالاً از طریق بهبود فعالیت‌های آنزیمی در محیط ریشه (۳)، کارایی گیاه را را در جذب آب از سوپرجاذب‌ها افزایش داده و در نتیجه، کاربرد هم‌زمان سوپرجاذب و اسید هیومیک منجر به افزایش عملکرد ماده‌خشک شد. محمدی‌پور و همکاران (۲۷) اثر سطوح مختلف اسید هیومیک (صفر، ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۲۰۰۰ و ۴۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر) را بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی همیشه‌بهار مطالعه و گزارش کردند که بیشترین عملکرد ماده خشک در تیمار ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید هیومیک حاصل شد. جهان و همکاران (۱۹) اثر سطوح سوپرجاذب و اسید هیومیک را در مدارهای آبیاری مختلف بر عملکرد کمی و کیفی چغندرقند (*Beta vulgaris* L.) مطالعه و گزارش کردند که بیشترین عملکرد ماده خشک در نتیجهٔ کاربرد سوپرجاذب و محلول‌پاشی اسید هیومیک و دور آبیاری ۷ روز به‌دست آمد.

با توجه به نتایج جدول ۴، به نظر می‌رسد که در مدار آبیاری ۱۰ روز با افزایش مقادیر مصرفی سوپرجاذب، مشکلات ناشی از کم‌آبی، عملکرد ماده‌خشک را کمتر متأثر ساخت، به‌طوری‌که در مدار آبیاری ۱۰ روز، کاربرد ۸۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب منجر به افزایش ۳۳ درصدی عملکرد ماده‌خشک در مقایسه با شاهد شد. به‌نظر می‌رسد که با افزایش فواصل آبیاری، مقادیر بالای سوپرجاذب از طریق افزایش ظرفیت نگهداری آب (۴۷) و کاهش میزان تبخیر از سطح خاک (۳۱)، نیاز آبی گیاه را کاهش دادند و در نتیجه منجر به افزایش عملکرد ماده‌خشک شدند. در یک بررسی گزارش شد که کاربرد ۵ تا ۱۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب تأثیر معنی‌داری بر خصوصیات کمی و کیفی ذرت نداشت، درحالی‌که مصرف مقادیر بیشتر سوپرجاذب (۱۵ کیلوگرم در هکتار و بالاتر) عملکرد و اجزای عملکرد ذرت را به میزان قابل‌توجهی افزایش داد (۲۶).

اثر متقابل اسیدهیومیک و مدار آبیاری بر عملکرد ماده‌خشک معنی‌دار بود، به‌طوری‌که در هر دو شرایط بدون و با محلول‌پاشی اسیدهیومیک، عملکرد ماده‌خشک در مدار آبیاری ۵ روز بیشتر از مدار آبیاری ۱۰ روز بود، ضمن این‌که اسید هیومیک در هر دو مدار آبیاری مورد مطالعه، عملکرد ماده‌خشک را در مقایسه با شاهد افزایش داد (جدول ۵). اثر متقابل سه‌گانه‌ی سوپرجاذب، اسیدهیومیک و مدار آبیاری به‌طور معنی‌داری بر عملکرد ماده‌خشک تأثیر داشت، به‌طوری‌که در شرایط بدون و با محلول‌پاشی اسیدهیومیک و در مدارهای آبیاری مختلف، سطوح مشخصی از سوپرجاذب از لحاظ عملکرد ماده‌خشک نسبت به سایر سطوح دارای برتری بودند، به این ترتیب که در مدار آبیاری ۵ روز، در هر دو شرایط بدون و با محلول‌پاشی اسیدهیومیک، سطح ۴۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب از عملکرد بیشتری نسبت به سایر سطوح سوپرجاذب برخوردار بود، درحالی‌که در مدار آبیاری ۱۰ روز و در شرایط بدون و با محلول‌پاشی اسیدهیومیک، کاربرد ۸۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب منجر به تولید بیشترین عملکرد بذر شد (جدول ۶). به نظر می‌رسد که مقادیر بالای سوپرجاذب از طریق کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک (۱) و بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک (۳۱)، منجر به افزایش توانایی گیاه در مقابله با تنش خشکی شدند. در پژوهشی اثر هیدروژل‌های سوپرجاذب بر خصوصیات کمی و کیفی ذرت در شرایط تنش خشکی بررسی و گزارش شد که کاربرد ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب از طریق افزایش ظرفیت نگهداری آب، کاهش شستشوی مواد غذایی، رشد سریع و مطلوب ریشه و هوادهی بهتر خاک باعث افزایش عملکرد ماده‌خشک گیاه شد (۲۲).

شاخص برداشت

در بررسی اثرات متقابل سوپرجاذب و اسیدهیومیک مشاهده شد که با افزایش مقادیر مصرفی سوپرجاذب، روند تغییرات شاخص برداشت در شرایط بدون و با محلول‌پاشی اسیدهیومیک متفاوت بود،

به‌این‌ترتیب که در شرایط محلول‌پاشی اسیدهیومیک با افزایش مقادیر مصرفی سوپرجاذب، شاخص برداشت کاهش یافت، درحالی‌که در شرایط بدون اسیدهیومیک، با افزایش مقادیر مصرفی سوپرجاذب تا سطح ۴۰ و ۸۰ کیلوگرم در هکتار، شاخص برداشت به‌ترتیب با افزایش و کاهش مواجه شد (جدول ۳). شاخص برداشت به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر اثر متقابل سوپرجاذب و مدار آبیاری قرار گرفت، به‌طوری‌که بیشترین و کمترین شاخص برداشت به‌ترتیب در تیمارهای کاربرد ۴۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب و مدار آبیاری ۱۰ روز (۱۴/۹۲) و کاربرد ۸۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب و مدار آبیاری ۱۰ روز (۶/۶۴) به‌دست آمد (جدول ۴). از آن‌جایی‌که سوپرجاذب‌ها قادرند مقدار زیادی آب جذب و آن را در ساختمان خود حفظ کنند (۴۸)، به نظر می‌رسد که سطوح ۴۰ و ۸۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب توانستند در هر دو سطح آبیاری مورد مطالعه نقش مؤثری در افزایش شاخص برداشت گیاه ایفا کنند. برخی محققین گزارش کردند که در صورت استفاده از سوپرجاذب‌ها می‌توان فواصل آبیاری را افزایش داد (۵ و ۲۹). اثر متقابل اسیدهیومیک و مدار آبیاری بر شاخص برداشت معنی‌دار بود، به‌طوری‌که در هر دو شرایط بدون و با محلول‌پاشی اسیدهیومیک، مدار آبیاری ۱۰ روز شاخص برداشت بیشتری را نسبت به مدار آبیاری ۵ روز سبب شد، ضمن این‌که در هر دو مدار آبیاری مورد مطالعه، اسیدهیومیک شاخص برداشت را در مقایسه با شاهد کاهش داد (جدول ۵).

شاخص برداشت به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر اثرات متقابل سه‌گانهٔ سوپرجاذب، اسید هیومیک و مدار آبیاری قرار گرفت و بیشترین و کمترین شاخص برداشت به‌ترتیب در تیمارهای کاربرد ۴۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب بدون اسیدهیومیک و مدار آبیاری ۱۰ روز (۱۹/۵۰ درصد) و کاربرد ۴۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب به‌علاوهٔ محلول‌پاشی اسیدهیومیک و مدار آبیاری ۵ روز (۵/۳۱ درصد) مشاهده شد (جدول ۶). با توجه به این‌که شاخص برداشت به نوعی معرف توان گیاه در انتقال مواد فتوسنتزی به اندام اقتصادی گیاه است، لذا می‌توان گفت که احتمالاً ذخیره‌ی رطوبت بیشتر در سوپرجاذب، در انتقال بیشتر مواد به بذر، به‌ویژه در انتهای فصل و شرایط گرم و خشک تابستان موثر بوده است، و در نتیجه در شرایط استفاده از این ماده، شاخص برداشت گیاه افزایش یافت. در یک پژوهش گزارش شد که استفاده از کود دامی و پلیمر سوپرجاذب باعث افزایش شاخص برداشت ذرت نسبت به عدم مصرف آن‌ها شد، به‌طوری‌که در بین نسبت‌های مختلف کود دامی با پلیمر سوپرجاذب بیشترین شاخص برداشت از تیمار ۶۵ درصد کود دامی و ۳۵ درصد پلیمر سوپرجاذب و کمترین مقدار آن از تیمار شاهد به‌دست آمد (۲۱). در پژوهش دیگری گزارش شد که تنش آب دارای اثر منفی بر تمامی خصوصیات کمی زیره سیاه (*Carum carvi* L.) بود (۲۳).

نتیجه‌گیری کلی

نتایج برهمکنش سوپرجاذب و اسیدهیومیک نشان داد که کاربرد اسیدهیومیک در تمامی سطوح سوپرجاذب مورد مطالعه، عملکرد ماده خشک را در مقایسه با شاهد افزایش داد، ضمن این‌که کاربرد همزمان این اسید آلی و ۸۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب، در بهبود تعداد شاخه فرعی در بوته مؤثر بود. نتایج هم‌چنین نشان داد که عملکرد بذر، وزن بذر در بوته و ارتفاع بوته در مدار آبیاری ۵ روز، در شرایط کاربرد ۸۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب به‌طور معنی‌داری افزایش یافتند، ضمن این‌که کاربرد ۸۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب در مدار آبیاری ۱۰ روز نیز منجر به تولید بیشترین عملکرد ماده خشک شد. در بررسی اثر متقابل سه‌گانهٔ سوپرجاذب، اسیدهیومیک و مدار آبیاری مشاهده شد که در مدار آبیاری ۵ روز و در هر دو شرایط بدون و با محلول‌پاشی اسیدهیومیک، بیشترین عملکرد بذر و وزن بذر در بوته در نتیجهٔ کاربرد ۸۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب حاصل شد، ضمن این‌که کاربرد ۴۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب نیز در مدار آبیاری ۵ روز و در شرایط کاربرد و عدم‌کاربرد اسیدهیومیک منجر به تولید بیشترین عملکرد ماده خشک و تعداد شاخه فرعی در بوته شد. به‌طورکلی با توجه به یافته‌های این پژوهش، به نظر می‌رسد که استفاده از ۴۰ کیلوگرم در هکتار سوپرجاذب در مدارهای آبیاری بین ۵ تا ۱۰ روز به‌همراه محلول‌پاشی اسیدهیومیک، ضمن تولید عملکرد مطلوب ریحان در یک نظام زراعی کم‌نهاده و بهبود بخشیدن به وضعیت حاصلخیزی خاک، سبب کاهش مخاطرات زیست‌محیطی ناشی از نهاده‌های شیمیایی شده و در نتیجه می‌تواند پایداری تولید در درازمدت را به‌دنبال داشته باشد.

سپاسگزاری

هزینهٔ انجام این آزمایش (کد ۲/۲۲۶۲۴ مورخ ۱۳۹۱/۷/۱۸) از محل اعتبار پژوهه معاونت محترم پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد تأمین شده است که بدین‌وسیله سپاسگزاری می‌شود.

منابع

1- Abedi-Koupai J., Sohrab J. and Swarbrick G. 2008. Evaluation of hydrogel application on soil water retention characteristics. Journal of Plant Nutrition, 31: 317-331.
2- Albayrak S. and Camas N. 2005. Effect of different levels and application times of humic acid on root and leaf

yield and yield component of forage turpin. Journal of Agronomy, 42: 130-133.
3- Canellas L.P., Facanha A.Q., Olivares F.L. and Facanha A.R. 2002. Humic acids isolated from earthworm compost enhance root elongation, lateral root emergence, and plasma membrane H^+-ATPase activity in maize roots. Plant Physiology, 130: 1951-1957.
4- Chu M., Zhu S.Q. Li H.M., Huang Z.B. and Li S.Q. 2006. Synthesis of poly (acrylic acid)/sodium humate superabsorbent composite for agricultural use. Journal of Applied Polymer Science, 102: 5137-5143.
5- Dabhi R., Bhatt N. and Pandit B. 2013. Effect of irrigation water quality on the rate of water absorption by super absorbent polymers. International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, 3: 496-500.
6- Doupis G., Bertaki M. Psarras G., Kasapakis I. and Chartzoulakis K. 2013. Water relations, physiological behavior and antioxidant defence mechanism of olive plants subjected to different irrigation regimes. Scientia Horticulturae, 153: 150-156.
7- Eneji A.E., Islam R., An P. and Amalu U.C. 2013. Nitrate retention and physiological adjustment of maize to soil amendment with superabsorbent polymers. Journal of Cleaner Production, 52: 474-480.
8- Farhoodi R.F. and Makizade Tafti M. 2013. Evaluation of effects of drought stress on growth, yield, oil contents and Kamazolen percentage of 3 varieties of *Matricaria recutita* in Khuzestan conditions. Iranian Journal of Field Crops Research, 10: 735-741. (In Persian with English abstract).
9- Fazeli Rostampour M., Yarnia M., and Rahimzadeh Koee F. 2012. Effect of polymer and irrigation regimes on dry matter yield and several physiological traits of forage sorghum. African Journal of Biotechnology, 11: 10834-10840.
10- Gholami H., Samavat S. and Ardebili Z.O. 2013. The alleviating effects of humic substances on photosynthesis and yield of *Plantago ovate* in salinity conditions. International Research Journal of Applied and Basic Sciences, 4: 1683-1686.
11- Ghorbani S., Khazaee H.R., Kafi M. and Banayan Aval M. 2009. Effect of humic acid application in water of irrigation on yield and yield components of *Zea mays* L. Iranian Journal of Agroecology, 2: 123-131. (in Persian with English abstract).
12- Govindarajan M., Sivakumar R. Rajeswary M. and Yogalakshmi K. 2013. Chemical composition and larvicidal activity of essential oil from *Ocimum basilicum* (L.) against *Culex tritaeniorhynchus*, *Aedes albopictus* and *Anopheles subpictus* (Diptera: Culicidae). Experimental Parasitology, 134: 7-11.
13- Hutterman A., Zommorodi M. and Reise K. 1999. Addition of hydro gels to soil prolonging the survival of *pinus halepensis* seedling subjected to drought. Soil and Tillage Research, 50: 295-304.
14- Islam M.R., Eneji A.E. Ren C., Li J. and Hu Y. 2011. Impact of water-saving superabsorbent polymer on oat (*Avena* spp.) yield and quality in an arid sandy soil. Scientific Research and Essays, 6: 720-728.
15- Jahan M., Amiri M.B., Dehghanipoor F. and Tahami Zarandi M.K. 2013. The effect of biofertilizers and winter cover crops on essential oil production and some agroecological charactristics of basil (*Ocimum basilicum* L.) in an organic cropping system. Iranian Journal of Field Crops Research, 10: 751-763. (in Persian with English abstract).
16- Jahan M., Kamayestani N. and Ranjbar F. 2013. Assay for applying super absorbent polymer in a low input corn (*Zea mays* L.) production system aimed to reduce drouth stress under Mashhad conditions. Iranian Journal of Agroecology, 5: 272-281. (in Persian with English abstract).
17- Jahan M., Sohrabi R., Doayee F. and Amiri M.B. 2013. Effect of super absorbent water application in soil and humic acid foliar application on some agroecological characteristics of bean (Phaseolus vulgaris L.) in Mashhad (Iran). (in Persian with English abstract).
18- Jahan M., Amiri M.B. Shabahang J., Ahmadi F. and Soleymani F. 2014. The effects of winter cover crops and plant growth promoting rhizobacteria on some soil fertility aspects and crops yield in an organic production system of *Ocimum basilicum* L. Iranian Journal of Field Crops Research, 11: 562-572. (in Persian with English abstract).
19- Jahan M., Nassiri Mahallati M., Ranjbar F., Aryaee M. and Kamayestani N. 2015. The effects of super absorbent polymer application into soil and humic acid foliar application on some agrophysiological criteria and quantitative and qualitative yield of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) under Mashhad conditions. Iranian Journal of Agroecology, 6: 753-766. (in Persian with English abstract).
20- Johnson M.S. 1984. The effect of gel-forming polyacrylamides on moisture storage in sandy soils. Journal of the Science of Food and Agriculture, 35: 1196-1200.
21- Khadem A., Ramroodi M., Gloy M. and Roosta M.J. 2011. Effect of drought stress and application of different levels of manure and super absorbent polymer on yield and yield components of *Zea mays* L. Iranian Journal of Field Crops Science, 42: 115-123. (in Persian with English abstract).
22- Kuhestani Sh., Asgari N. and Maghsudi K., 2009. Assessment effects of super absorbent hydro gels on corn yield (*Zea mays* L.) under drought stress condition. Iranian water Research Journal, 4: 57-67. (in Persian with English abstract).
23- Laribi B., Bettaieb I., Kouki K., Sahli A., Mougou A. and Marzouk B. 2009. Water deficit effects on caraway (*Carum carvi* L.) growth, essential oil and fatty acid composition. Industrial Crops and Products, 31: 34-42.

24- Lim Y. and Eom S.K. 2013. Effects of different light types on root formation of *Ocimum basilicum* L. cuttings. Scientia Horticulturae, 164: 552-555.
25- Maccarthy P. 2001. The principles of humic substances. Soil Science, 166: 738-751.
26- Mao S., Islam M.R., Xue X., Yang X., Zhao X. and Hu Y. 2011. Evaluation of a water-saving superabsorbent polymer for corn (*Zea mays* L.) production in arid regions of Northern China. African Journal of Agricultural Research, 6: 4108-4115.
27- Mohammadipour E., Golchin A., Mohammadi J., Negahdar N. and Zarchini M. 2012. Effect of humic acid on yield and quality of marigold (*Calendula officinalis* L.). Annals of Biological Resarch, 3: 5095-5098.
28- Natesan, R., Kandasamy S., Thiyageshwari S. and Boopathy P.M. 2007. Influence of lignite humic acid on the micronutrient availability and yield of blackgram in an alfisol. Science World Journal, 7: 1198-1206.
29- Nazarli, H., Zardashti M.R., Darvishzadeh R. and Najafi S. 2010. The effect of water stress and polymer on water use efficiency, yield and several morphological traits on sunflower. Not Science Biology, 2: 53-58.
30- Noroozi M. and Kazemeini A.R. 2012. Effect of irrigation at least and plant density on growth and seed yield of Iranian Journal of *Carthamus tinctorius*. Field Crops Research, 10: 781-789. (in Persian with English Summary).
31- Nykanen V.P.S., Nykanen A., Puska M.A., Goulart-Silva G. and Ruokolainen J. 2011. Dual-reponsive and super absorbing thermally cross-linked hydrogel based on methacrylate substituted polyphosphazene. Soft Matter, 7: 4414-4424.
32- Passioura J.B. 2007. The drought environment: physical, biological and agricultural perspectives. Journal of Experimental Botany, 58: 113-117.
33- Puglisi E., Fragoulis G., Ricciuti P., Cappa F., Spaccini R., Piccolo A., Trevisan M., and Crecchio C. 2009. Effects of a humic acid and its size-fractions on the bacterial community of soil rhizsphere under maize (*Zea mays* L.). Chemosphere, 77: 829-837.
34- Rezazadeh H., Khrasani S.K. and Haghighi R.S.A. 2012. Effects of humic acid on decrease of phosphorus usage in forage maize var. KSC704 (*Zea mays* L.). Australian Jurnal of Agricultural Engineering, 3: 34-38.
35- Salehi B., Bagherzade A. and Ghasemi M. 2012. Effects of humic acid on growth characteristics, yield and yield components of 3 vatieties of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). Iranian Journal of Agroecology, 2: 640-647. (in Persian with English abstract).
36- Samavat S., Malakuti M., Samavat S. and Malakooti M. 2006. Important use of organic acid (humic and fulvic) for increase quantity and quality agriculture productions. Water and Soil Researchers Technical, 463: 1-13.
37- Shaalan M.N. 2005. Effect of compost and different sources of biofertilizers, on borage plants (*Borago officinalis* L.). Egyptian Journal of Agricultural Research, 83: 271-284.
38- Shahhoseini R., Omidbeigi R. and Kiani D. 2012. Evaluation of effect of biosulfur and nitroxin and super absorbent polymer on growth, yield and quantity of oil of *Ocimum basilicum* L. Iranian Journal of Horticultural Sciences, 26: 246-254. (in Persian with English abstract).
39- Tahami Zarandi M.K., Rezvani Moghaddam P. and Jahan M. 2010. Comparison of the effect of organic and chemical fertilizers on yield and essential oil content of basil (*Ocimum basilicum* L.). Iranian Journal of Agroecology, 2: 70-82. (in Persian with English abstract).
40- Tahir M.M., Khurshid M., Khan M.Z., Abbasi M.K. and Kazmi M.H. 2011. Lignite-derived humic acid effect on growth of wheat plants in different soils. Pedosphere, 21: 124-131.
41- Turkmen O., Demir S., Sensoy S. and Dursun A. 2005. Effect of arbuscular mycorrhizal fungus and humi acid on the seedling development and nutrient content of pepper grown under saline soil conditions. Journal of Biological Sciences, 5: 565-574.
42- Verlinden G., Pycke B., Mertens J., Debersaques F., Verheyen K., Baert G., Bries J. and Haesaert G. 2009. Application of humic substances results in consistent increases in crop yield and nutrient uptake. Journal of Plant Nutrition, 32: 1407-1426.
43- Wu S.C., Caob Z.H., Lib Z.G., Cheunga K.C. and Wong M.H. 2005. Effects of biofertilizers containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. Geoderma, 125: 155-166.
44- Xie L., Liu M., Ni B., Zhang X. and Wang Y. 2011. Slow-release nitrogen and boron fertilizer from a functional superabsorbent formulation based on wheat straw and attapulgite. Chemical Engineering Journal, 167: 342-348.
45- Yazdani F., Allahdadi I. and Akbari G.A. 2012. Impact of superabsorbent polymer on yield and growth analysis of soybean (*Glycine max* L.) under drought stress condition. Pakistan Journal of Biological Sciences, 10: 4190-4196.
46- Zheng T., Liang Y.H., Ye S.H. and He Z.Y. 2009. Superabsorbent hydrogels as carriers for the controlled-release of urea: experiments and a mathematical model describing the release rate. Biosystems Engineering, 102: 44-50.
47- Zhong K., Zheng X.L., Mao X.Y., Lin Z.T. and Jiang G.B. 2012. Sugarcane bagasse derivative-based superabsorbent containing phosphate rock with water-fertilizer integration. Carbohydrate Polymers, 90: 820-826.
48- Zhong K., Lin Z.T., Zheng X.L., Jiang G.B., Fang Y.S., Mao X.Y. and Liao Z.W. 2013. Starch derivative-based superabsorbent with integration of water-retaining and controlled-release fertilizers. Carbohydrate Polymers, 92: 1367-1376.